



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.08.2019 Patentblatt 2019/35

(51) Int Cl.:
G01R 19/25 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19163252.0**

(22) Anmeldetag: **23.06.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA RS

(72) Erfinder:
• **Beekmann, Alfred**
26639 Wiesmoor (DE)
• **Diedrichs, Volker**
18209 Bad Doberan (DE)

(30) Priorität: **29.06.2009 DE 102009031017**

(74) Vertreter: **Eisenführ Speiser**
Patentanwälte Rechtsanwälte PartGmbB
Postfach 10 60 78
28060 Bremen (DE)

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
10727410.2 / 2 449 387

(71) Anmelder: **Wobben Properties GmbH**
26607 Aurich (DE)

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 15-03-2019 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR NETZZUSTANDSBEOBSCHTUNG**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erfassen elektrischer Größen eines dreiphasigen Wechselspannungsnetzes mit einer ersten, zweiten und dritten Phase umfassend die Schritte Messen jeweils eines Spannungswertes der ersten, zweiten und dritten Phasen in Bezug auf einen Neutralleiter zu einem ersten Zeitpunkt, Transformieren der drei Spannungswerte des

ersten Zeitpunktes in Polarkoordinaten mit einer Spannungsamplitude und einem Phasenwinkel, Wiederholen des Messens und Transformierens für wenigstens einen weiteren Zeitpunkt und Bestimmen der aktuellen Frequenz, Spannungsamplitude und/oder des Phasenwinkels wenigstens einer der Phasen aus den in Polarkoordinaten transformierten Spannungswerten.

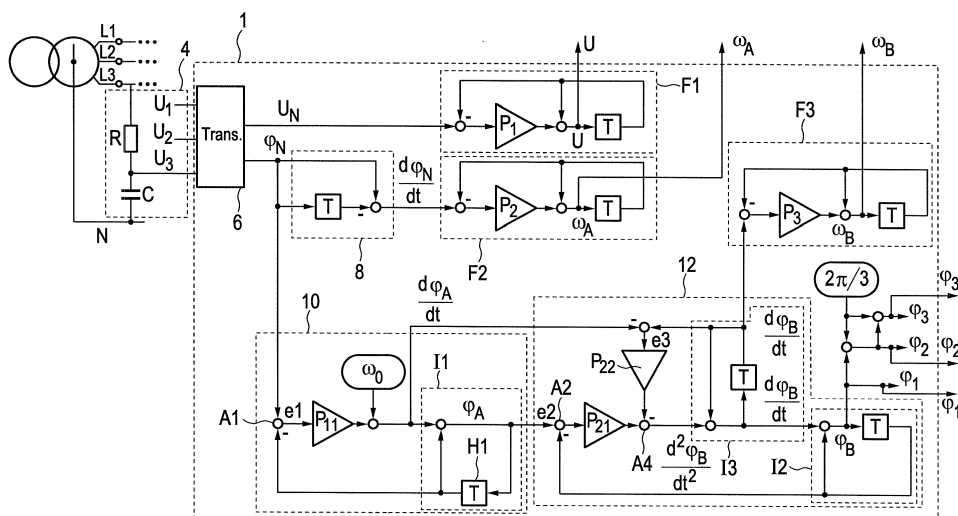


FIG. 4

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erfassen elektrischer Größen eines 3-phasigen Wechselspannungsnetzes mit einer ersten, zweiten und dritten Phase. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Einspeisen elektrischer Energie in ein elektrisches Wechselspannungsnetz. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zum Erfassen elektrischer Größen eines 3-phasigen Wechselspannungsnetzes sowie eine Vorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in ein elektrisches Wechselspannungsnetz. Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung auch eine Windenergieanlage, die zum Erfassen elektrischer Größen eines Wechselspannungsnetzes und/oder zum Einspeisen elektrischer Energie in ein elektrisches Wechselspannungsnetz vorbereitet ist.

[0002] Insbesondere um elektrische Energie in ein bestehendes elektrisches Wechselspannungsnetz einzuspeisen, ist es erforderlich, dieses möglichst genau zu kennen. Die Kenntnis der Frequenz der Wechselspannung in dem Netz sowie Beträge und Phasen der Spannungen sind von Bedeutung. Aber auch für andere Zwecke, die mit der Einspeisung zusammenhängen können, wie beispielsweise das Erkennen von Störungen im Netz, ist eine möglichst genaue und möglichst zeitnahe Erfassung vornehmlich der elektrischen Spannungen des Netzes wünschenswert.

[0003] Um Frequenz und Phasenwinkel der Wechselspannung eines elektrischen Wechselspannungsnetzes zu erfassen, werden üblicherweise Nulldurchgänge der Spannung erfasst. Der zeitliche Abstand zweier benachbarter Spannungsnulldurchgänge entspricht einer halben Periodendauer, woraus die Frequenz berechnet werden kann. Somit ist auch die Phasenlage aus dem Nulldurchgang und der Frequenz oder den beiden Nulldurchgängen bestimmbar.

[0004] Nachteilig hierbei ist insbesondere, dass entsprechend zumindest die Zeitdauer einer Halbperiode nötig ist, um die Frequenz und damit Frequenzänderungen zu erfassen. Gleichzeitig kann die Qualität bei solchen Messverfahren ungenügend sein. Insbesondere für Wechselspannungsnetze, die zunehmend durch dezentrale Energieversorgung gespeist und auch gestützt werden, ist eine möglichst schnelle Messung mit möglichst hoher Qualität von Bedeutung. Auch das zuverlässige und schnelle Erfassen von Netzstörungen, wie das Auftreten von Kurzschlüssen, gewinnt zunehmend an Bedeutung.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es somit, ein bezogen auf wenigstens eines der oben genannten Nachteile verbessertes Verfahren bzw. entsprechende Vorrichtung vorzuschlagen. Insbesondere sollte ein Messverfahren vorgeschlagen werden, das möglichst in Bezug auf Geschwindigkeit und Qualität verbessert ist. Zumindest war ein alternatives Messverfahren und ein alternatives Verfahren zum Einspeisen sowie entsprechende Vorrichtungen vorzuschlagen.

[0006] Als Stand der Technik wird an dieser Stelle allgemein auf folgende Dokumente hingewiesen: DE 101 13 786 A1, EP 004 984 A1 und DE 199 44 680 A1.

[0007] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Erfassen elektrischer Größen eines 3-phasigen Wechselspannungsnetzes gemäß Anspruch 1 vorgeschlagen.

[0008] Ausgegangen wird von einem 3-phasigen Wechselspannungsnetz mit einer ersten, zweiten und dritten Phase. Die Angabe eines Phasenwinkels bezieht sich nachfolgend grundsätzlich auf die erste Phase, soweit nichts anderes angegeben ist. Indizes von 1 bis 3, insbesondere von Spannungen oder Phasenwinkeln, beziehen sich grundsätzlich auf die erste, zweite bzw. dritte Phase.

[0009] In einem Verfahrensschritt wird zu einem ersten Zeitpunkt von der ersten, zweiten und dritten Phase jeweils ein Spannungswert, nämlich eine Strangspannung erfasst bzw. gemessen, also die Spannung bezogen auf den Neutralleiter oder ein anderes neutrales Potential.

[0010] Als nächster Schritt erfolgt eine Transformation der zum ersten Zeitpunkt gemessenen Spannungswerte in Polarkoordinaten in eine komplexwertige Größe, wodurch entsprechend ein Betrag und ein Phasenwinkel entsteht. Der Phasenwinkel bezieht sich dabei auf die erste Spannung. Die Transformation kann wie folgt durchgeführt werden:

$$\vec{u} = \left[u_1 + u_2 \exp\left(j \frac{2}{3} \pi\right) + u_3 \exp\left(j \frac{4}{3} \pi\right) \right]$$

$$U_N = \sqrt{\frac{2}{3} \sqrt{(real(\vec{u}))^2 + (imag(\vec{u}))^2}}$$

$$\varphi_M = \arctan(imag(\vec{u})/real(\vec{u}))$$

[0011] In einem nächsten Schritt wird das Messen und Transformieren für wenigstens einen weiteren Zeitpunkt wiederholt. Somit liegen zu zumindest zwei Zeitpunkten eine in Polarkoordinaten transformierte Spannungsmessung vor. Aus diesen Werten in Polarkoordinaten werden dann die Frequenz, die Spannungsamplitude und/oder der Phasenwinkel wenigstens einer der Phasen bestimmt.

[0012] Üblicherweise dürfte das Verfahren digital umgesetzt werden. In diesem Fall laufen die beschriebenen Verfahrensschritte zumindest teilweise zeitlich gesehen nacheinander ab. Insbesondere wird zu einem ersten Zeitpunkt die Spannung der drei Phasen gemessen, eine Transformation durchgeführt und dann zu einem zweiten danach liegenden Zeitpunkt erneut die Spannungen der drei Phasen gemessen. Grundsätzlich kommt aber auch eine analoge Umsetzung in Betracht, wobei im wesent-

lichen eine kontinuierliche Messung durchgeführt werden könnte.

[0013] Vorzugsweise wird die aktuelle Frequenz, eine Spannungsamplitude und die Phasen der drei Spannungen berechnet. Ebenfalls bevorzugt liegen die Zeitpunkte der Messung um weniger als eine Halbperiode - ausgehend von der erwarteten Frequenz - auseinander.

[0014] Vorzugsweise wird zur Bestimmung der einen effektiven Frequenz der drei Wechselspannungen eine Frequenzregelung verwendet, die ausdrücklich nicht nach dem Konzept des phase-locked loop (PLL) arbeitet und eine erste Hilfsfrequenz ausregelt. Hierfür wird ein Regelkreis verwendet. Die erste Hilfsfrequenz ist im Grunde eine Zustandsgröße und ein Ergebnis dieses Regelkreises, die als Zwischengröße weiter verwertet werden kann. Grundsätzlich kann auch die erste Hilfsfrequenz selbst als erhaltene aktuelle Frequenz verwendet werden.

[0015] Aus der Hilfsfrequenz kann ein Hilfswinkel bestimmt werden. Durch Vergleich des Phasenwinkels, der bei der Koordinatentransformation ermittelt wurde, mit dem Hilfsphasenwinkel kann eine Größe zum Generieren der ersten Hilfsfrequenz erzeugt werden.

[0016] Vorzugsweise wird zur Frequenzregelung ein erster Differenzwinkel gebildet. Dieser erste Differenzwinkel ergibt sich als Differenz zwischen dem Phasenwinkel, der sich bei der Koordinatentransformation ergibt, und einem ersten um eine Abtastzeit zurückliegenden Hilfsphasenwinkel. Dieser erste Differenzwinkel könnte somit auch als Frequenz oder Differenzfrequenz interpretiert werden, weil jedenfalls die Differenz zwischen einem Phasenwinkel mit einem ein Abtastschritt zurückliegenden Phasenwinkel einer Frequenz entspricht.

[0017] Besagter erster Differenzwinkel wird gemäß dieser Ausführungsform mit einem ersten Verstärkungsfaktor multipliziert und/oder zu einem Anfangsfrequenzwert einer Frequenz addiert, um die erste Hilfsfrequenz zu erhalten. Der erste Hilfsphasenwinkel wird aus der ersten Hilfsfrequenz bestimmt. Als Anfangsfrequenzwert kann eine zu erwartende Frequenz, insbesondere die Nennfrequenz bzw. entsprechend die Nennkreisfrequenz des Netzes, verwendet werden.

[0018] Vorzugsweise wird zur Verbesserung der Frequenzbestimmung vorgeschlagen, einen zweiten Hilfsphasenwinkel mit einer zweiten Hilfsfrequenz zu bestimmen. Eine solche zweite Hilfsfrequenz kann - ggf. nach Filterung - als erfasste aktuelle Frequenz ausgegeben werden. Vorzugsweise basiert eine solche zweite Hilfsfrequenz und zweiter Hilfsphasenwinkel auf der ersten Hilfsfrequenz und dem ersten Hilfsphasenwinkel, gemäß einer der vorigen Ausführungsformen. Vorzugsweise wird die zweite Hilfsfrequenz und der zweite Hilfsphasenwinkel basierend auf einem vorgegebenen, dynamischen Verhalten abhängig von der ersten Hilfsfrequenz und dem ersten Hilfsphasenwinkel bestimmt, insbesondere geregelt.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform wird vorge-

schlagen, ausgehend von dem ersten Hilfsphasenwinkel und dem zweiten Hilfsphasenwinkel einen zweiten Differenzwinkel zu bestimmen. Dieser zweite Differenzwinkel wird als Differenz zwischen dem ersten Hilfsphasenwinkel und dem zweiten, um eine Abtastzeit zurückliegenden, Hilfsphasenwinkel gebildet. Weiterhin wird die erste und zweite Hilfsfrequenz zugrunde gelegt und daraus eine Hilfsdifferenzfrequenz bestimmt. Die Hilfsdifferenzfrequenz wird als Differenz zwischen der zweiten, um eine Abtastzeit zurückliegenden, Hilfsfrequenz und der ersten Hilfsfrequenz gebildet.

[0020] Außerdem wird eine Hilfswinkelbeschleunigung aus dem zweiten Differenzwinkel und der Hilfsdifferenzfrequenz gebildet. Diese Hilfswinkelbeschleunigung ist repräsentativ für eine zweite Ableitung des zweiten Hilfsphasenwinkels nach der Zeit und der zweite Hilfsphasenwinkel als auch die zweite Hilfsfrequenz werden aus dieser Hilfswinkelbeschleunigung berechnet.

[0021] Vorzugsweise wird die Hilfswinkelbeschleunigung als Differenz zwischen dem zweiten Differenzwinkel und der Hilfsdifferenzfrequenz gebildet, wobei der zweite Differenzwinkel und/oder die Hilfsdifferenzfrequenz jeweils mit einem Verstärkungsfaktor multipliziert berücksichtigt werden können.

[0022] Insbesondere die Differenzbildung mit der Hilfsdifferenzfrequenz, was auch als Aufschaltung der Hilfsdifferenzfrequenz mit einem Verstärkungsfaktor - der grundsätzlich auch 1 sein könnte - bezeichnet werden kann, wirkt sich je nach Wahl der Verstärkungsfaktoren dämpfend auf die Dynamik der zweiten Hilfsfrequenz aus, soweit die Verfahrensschritte bzw. Verfahrensmerkmale in ihrer Wirkung interpretiert werden können.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die bei der Transformation erhaltene Spannungsamplitude als erfasste Ausgangsspannung ausgegeben. Außerdem oder alternativ wird gemäß dieser Ausführungsform der bei der Transformation erhaltene Phasenwinkel nach der Zeit differenziert - was diskret oder kontinuierlich erfolgen kann - und als erfasste Frequenz ausgegeben. Alternativ kann dieser differenzierte Phasenwinkel auch als erfasste Vergleichsfrequenz ausgegeben werden, wenn insbesondere eine weitere Größe als erfasste Frequenz ausgegeben wird.

[0024] Zusätzlich oder alternativ wird die zweite Hilfsfrequenz als erfasste Frequenz ausgegeben und zusätzlich oder alternativ der zweite Hilfsphasenwinkel als erfasster Phasenwinkel einer Phase, insbesondere der ersten Phase. Eine, mehrere oder alle der besagten Größen können vor dem Ausgeben ggf. geeignet gefiltert werden.

[0025] Die auszugebenden Größen, insbesondere die als erfasste Frequenz ausgegebene zweite Hilfsfrequenz und der als erfasste Phasenwinkel ausgegebene zweite Hilfsphasenwinkel bilden somit ein Verfahrenserzeugnis des Verfahrens. Eine solche ausgegebene erfasste Frequenz und ein solcher ausgegebener erfasster Phasenwinkel zeichnet sich insbesondere durch eine schnelle Erfassung aus. Das heißt, insbesondere die

Ausgabe einer erfassten Frequenz, die eine Frequenzänderung des gemessenen Wechselspannungsnetzes in einem Zeitraum kleiner als einer halben Periodendauer aufweist, unterscheidet sich schon darin von einer üblichen Frequenzerfassung durch Messung der Spannungsnulldurchgänge. Falls gewünscht, könnte natürlich auch das erfindungsgemäße Verfahren langsamer ausgelegt bzw. implementiert werden.

[0026] Gemäß einer Ausführungsform wird zudem das Wechselspannungsnetz auf das Vorliegen wenigstens einer Netzstörung überwacht. Zu solchen Netzstörungen gehört:

- der Verlust der Winkelstabilität,
- das Auftreten einer Inselnetzbildung,
- das Auftreten eines 3-phasigen Kurzschlusses, und
- das Auftreten eines 2-poligen Kurzschlusses.

[0027] Das Auftreten eines 3-phasigen Kurzschlusses kann insbesondere am Einbrechen der drei Strangspannungen und damit am Einbrechen der transformierten Spannungsamplitude erkannt werden. Bei einem 2-poligen Kurzschluss bricht grundsätzlich nur eine Spannung dann ein, wenn auf der d-Seite eines DY-Transformators (Dreieck-Stern-Transformators) gemessen wurde und der 2-polige Kurzschluss auf der D-Seite auftrat. Dies kann beispielsweise an einer oszillierenden Spannungsamplitude der transformierten Spannung erkannt werden.

[0028] Beim Verlust der Winkelstabilität, das im Englischen auch als "loss of stability" (LOS) bezeichnet wird,

weicht die Differentiation des Phasenwinkels ($\frac{d\varphi}{dt}$) von

der Netzfrequenz bzw. der Netzkreisfrequenz ab. Zum Erfassen eines solchen Verlustes der Winkelstabilität ist eine schnelle Winkel- und Frequenzerfassung wünschenswert.

[0029] Beim Auftreten einer Inselnetzbildung, die im Englischen auch als "loss of mains" (LOM) bezeichnet wird, bewegt sich die tatsächliche Frequenz allmählich aus dem Bereich der Nennfrequenz heraus und verlässt insbesondere einen vorgegebenen Toleranzbereich. Somit ist davon auszugehen, dass der Netzabschnitt, in dem gemessen wird, Kontakt zu einem größeren Hauptnetz mit einer stabileren Frequenz verloren hat.

[0030] Um das Vorliegen einer Netzstörung anzuzeigen, kann ein entsprechendes Signal bereitgestellt werden. Ein solches Signal kann innerhalb einer Prozessoreinheit bereitgestellt werden oder als Ausgabesignal ausgegeben werden. In jedem Fall ist ein solches Signal als Produkt des Verfahrens anzusehen. Insbesondere das schnelle und gezielte Erkennen wenigstens einer der genannten Netzstörungen ist ein angestrebtes Ziel und zeichnet ein solches Signal aus.

[0031] Insbesondere zu dem Verlust der Winkelstabilität und der Inselnetzbildung wurde erfindungsgemäß erkannt, dass diese zunehmend bei Netzen mit dezentral einspeisenden Energieversorgern zu erwarten sind. Eine schnelle und zuverlässige Erkennung ist hierbei von Bedeutung, um ggf. schnell und zielgerichtet eingreifen zu können.

[0032] Vorzugsweise wird die Messung bzw. Erfassung der elektrischen Größen auf eine Netzstörung hin beobachtet, um eine etwaige Netzstörung zu erkennen. Beim Auftreten einer Netzstörung wird die Erfassung im Sinne einer Schätzung basierend auf zuletzt verwendeten Größen fortgesetzt. Von einer tatsächlichen Erfassung kann insoweit nur die Rede sein, als dass von einem im Grunde stationären Fortbestehen der elektrischen Größen des Wechselspannungsnetzes ausgegangen wird. Insoweit wird vorgeschlagen, basierend auf zuletzt erfassten, insbesondere internen Größen des Verfahrens, die Erfassung ganz oder teilweise ohne Berücksichtigung von Eingangsmessgrößen fortzusetzen. Insoweit erfolgt zumindest eine Schätzung der gewünschten Größen, wobei keine oder nur eine teilweise Anpassung der Schätzgrößen abhängig von Messgrößen erfolgt.

[0033] Erfindungsgemäß bzw. gemäß einer Ausführungsform wird zudem vorgeschlagen, elektrische Größen des elektrischen Wechselspannungsnetzwerks, insbesondere unter Verwendung eines oben beschriebenen Verfahrens, zu messen und basierend darauf elektrischen Wechselstrom in das Wechselspannungsnetz einzuspeisen, vorzugsweise 3-phasig. Dabei wird das Wechselspannungsnetz auf das Vorliegen wenigstens der Netzstörung des Verlustes der Winkelstabilität und/oder der Netzstörung des Auftretens einer Inselnetzbildung überwacht. Abhängig von der Überwachung, wenn also wenigstens eine der genannten Netzstörungen auftritt, werden Maßnahmen zum Stützen des Wechselspannungsnetzes eingeleitet. Grundsätzlich kommt natürlich auch in Betracht, das Einspeisen je nach Netzstörung zu unterbrechen und den betreffenden Energieerzeuger vom Netz zu trennen.

[0034] Vorzugsweise wird zusätzlich zum Überwachen des Verlustes der Winkelstabilität und/oder des Auftretens einer Inselnetzbildung das Auftreten eines 3-phasigen Kurzschlusses und/oder das Auftreten eines 2-poligen Kurzschlusses überwacht wird und Maßnahmen zum Stützen des Wechselspannungsnetzes eingeleitet werden, wenn wenigstens eine der genannten Netzstörungen auftritt.

[0035] Eine weitere Ausgestaltung schlägt vor, dass das Verfahren zum Einspeisen elektrischer Energie ein erfindungsgemäßes Verfahren verwendet wird, insbesondere um Frequenz und Phase des Netzes als Basis für die Einspeisung zu bestimmen, als auch um etwaige Netzstörungen zu erkennen, um schnell und zielgerichtet entsprechende Maßnahmen einleiten zu können.

[0036] Das Einspeisen in das elektrische Wechselspannungsnetz kann dann in bekannter Weise erfolgen wie beispielsweise unter Verwendung eines 3-phasigen

Wechselrichters, der ausgehend von einem Gleichspannungszwischenkreis die drei Phasen durch ein entsprechendes Pulsmuster mit Hilfe von Halbleiterschaltern erzeugt. Die jeweils benötigte Information zu Frequenz und Phase kann hierbei durch das erfindungsgemäße Verfahren bereitgestellt werden.

[0037] Beim Überwachen der Netzstörungen wird vorzugsweise ab Auftreten der betreffenden Netzstörung diese innerhalb einer Erfassungszeit von weniger als einer Netzperiode, insbesondere innerhalb einer Erfassungszeit von weniger als einer halben Netzperiode erfasst werden. Ebenso wird vorgeschlagen, Maßnahmen zur Netzstützung ab Auftreten einer Netzstörung innerhalb einer Reaktionszeit von weniger als einer Netzperiode, insbesondere innerhalb einer Reaktionszeit von weniger als einer halben Netzperiode einzuleiten. Um Netzstörungen entsprechend schnell zu erfassen, um in der genannten kurzen Zeit die Netzstörung zu erfassen und auch in der genannten kurzen Zeit Stützmaßnahmen einzuleiten, wird ein wie oben beschriebenes erfindungsgemäßes Verfahren vorgeschlagen, das zur Erfassung nicht auf das Messen von Spannungsnulldurchgängen beschränkt ist, sondern vielmehr unabhängig von den Spannungsnulldurchgängen und mehrfach zwischen Spannungsnulldurchgängen messen kann und entsprechend schnelle Ergebnisse liefern kann.

[0038] Außerdem wird eine Messvorrichtung zum Erfassen elektrischer Größen eines 3-phasigen elektrischen Wechselspannungsnetzwerkes vorgeschlagen, die im Wesentlichen ein erfindungsgemäßes Messverfahren umsetzt. Hierzu wird zumindest ein Messmittel zum Messen der elektrischen Momentanspannung jeder der drei Phasen bezogen auf einen Neutralleiter, also zur Messung der Strangspannungen, verwendet. Weiterhin ist eine Recheneinheit zum Bestimmen der Frequenz und Phase des elektrischen Netzwerkes vorgesehen. Die Messmittel liefern, insbesondere digital, die gemessenen Spannungen zu jedem Abtastzeitpunkt an die Recheneinheit. Auf der Recheneinheit sind die Rechenschritte der jeweiligen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Messverfahrens implementiert. Insbesondere sind die Rechenschritte auf einem digitalen Signalprozessor zu implementieren, obwohl theoretisch auch die Implementierung mittels eines Analogrechners oder einer analogen Schaltung in Betracht käme.

[0039] Außerdem wird eine Einspeisevorrichtung vorgeschlagen, zum Einspeisen elektrischer Energie in ein Wechselspannungsnetzwerk. Die Einspeisevorrichtung weist hierzu zumindest eine Messvorrichtung und eine Einspeiseeinheit auf. Die Messvorrichtung, die insbesondere gemäß einer oben beschriebenen Ausführungsform aufgebaut und ausgeführt ist, erfasst insbesondere Frequenz und Phase des elektrischen Wechselspannungsnetzwerks. Diese Größen bilden die Grundlage für das Einspeisen und sind insbesondere zum Synchronisieren, aber auch zur Erkennung von Störungen vorzusehen. Zum Einspeisen wird eine Einspeiseeinheit verwendet, wobei die Einspeisevorrichtung gemäß einem oben be-

schriebenen Verfahren zum Einspeisen gesteuert wird. Insbesondere kann eine Einspeiseeinheit einen Frequenzwechselrichter umfassen, um elektrische Energie aus einem Gleichspannungszwischenkreis mittels entsprechender Halbleiterschalter über ein Pulsverfahren in einen sinusförmigen Verlauf je Phase zu wandeln.

[0040] Außerdem wird eine Windenergieanlage vorgeschlagen, die insbesondere kinetische Energie dem Wind entnimmt und in elektrische Energie mittels eines Generators umwandelt. Die elektrische Energie wird in ein dreiphasiges Wechselspannungsnetz eingespeist. Zum Einspeisen wird eine wie oben beschriebene Einspeisevorrichtung verwendet. Um die elektrischen Größen, insbesondere Frequenz und Phasen des dreiphasigen Wechselspannungsnetzwerks zu erfassen, wird eine wie oben beschriebene Messvorrichtung vorgeschlagen. Diese und andere erfasste elektrische Größen des Wechselspannungsnetzwerks können der Einspeisevorrichtung als Basis dienen.

[0041] Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Messvorrichtung Teil der Einspeisevorrichtung sein kann.

[0042] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand von Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Anschlusspunkt eines 3-phasigen Netzwerks mit Neutralleiter.

Fig. 2 veranschaulicht drei Messwerte eines 3-phasigen Systems in Bezug auf einen Ausschnitt der Spannungsverläufe des 3-phasigen Systems für die Zeitdauer einer Periodenlänge.

Fig. 3 zeigt den grundsätzlichen strukturellen Aufbau eines 3-phasigen Wechselspannungsnetzes mit angeschlossener Messvorrichtung.

Fig. 4 veranschaulicht die Struktur des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer Ausführungsform.

[0043] Die Erfindung geht aus von einem 3-phasigen Anschlusspunkt 2, der drei Leitungen L1, L2 und L3 zum Führen jeweils einer Phase und einen Neutralleiter N aufweist, wie in Fig. 1 dargestellt ist. Zur Veranschaulichung ist der Anschlusspunkt 2 als Kabelende symbolisiert. Ebenso können die drei Phasen L1, L2 und L3 sowie der Neutralleiter N beispielsweise in einer Anschlussbox bereitgestellt werden.

[0044] Fig. 2 veranschaulicht die der Erfindung grundsätzlich zugrundeliegende Art der Messung. Demnach wird zu einem Zeitpunkt t_1 an jedem der Leiter L1, L2 und L3 eine Spannung gegenüber dem Neutralleiter N gemessen. Diese Messwerte u_1 , u_2 und u_3 können grundsätzlich einer Position in einem 360°-Ausschnitt, nämlich einer Periodendauer zugeordnet werden. Hierzu ist in Fig. 2 ein solcher Ausschnitt einer Periodendauer für alle drei Phasen P1, P2 und P3 dargestellt. Die ent-

sprechende Position der Messung zum Zeitpunkt t_1 ist in dem Ausschnitt einer Periodendauer, der über einen Winkel φ abgetragen ist, der Stelle M1 zugeordnet. Die Phasenwinkel φ_1 , φ_2 und φ_3 betreffen somit die Winkel von dem Spannungsmaximum - den Scheitelwert - der jeweiligen Phase zur Meßstelle M1. Die jeweiligen Phasen sind als P1, P2 und P3 gekennzeichnet. Zu der Phase P3 gehört der Phasenwinkel φ_3 . Der Scheitelwert der Phase P3 liegt hinter der Stelle M1 und ist somit veranschaulicht durch einen Pfeil, der im Grunde am Scheitelpunkt von P3 beginnt, bis zum Ende der dargestellten Periode abzumessen ist zuzüglich dem Wert von Anfang der Periode bis zur Meßstelle M1. Bei einem symmetrischen Netz wären die Phasenwinkel φ_1 , φ_2 und φ_3 jeweils um 120° oder 240° zueinander verschoben.

[0045] Auf die absolute Amplitude der Phasen P1, P2 und P3 kommt es für die Veranschaulichung gemäß Fig. 2 nicht an. Die Amplitude kann beispielsweise für diese Darstellung normiert sein. Die Periodendauer gemäß der Veranschaulichung gemäß Fig. 2 beträgt 360° bzw. 2π .

[0046] Fig. 3 zeigt einen Gesamtaufbau eines 3-phasigen Netzes mit Neutralleiter und angeschlossener Messvorrichtung 1 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Zur Messung verwendet die Messvorrichtung 1 einen Messfilter 4, der dazu zwischen den Leitungen L1, L2 und L3 und dem Neutralleiter angeschlossen ist. Die Leitungen L1, L2 und L3 führen entsprechend die erste, zweite bzw. dritte Phase. Zum Messen jeder Strangspannung ist dabei ein RC-Glied zwischen der jeweiligen Leitung L1, L2 bzw. L3 und dem Neutralleiter N angeschlossen. Die so jeweils zwischen dem Widerstand R und dem Kondensator C gemessene Spannung gegen den Nullleiter N wird in die Messvorrichtung 1 eingegeben und dort weiter verarbeitet und ausgewertet.

[0047] Die Messvorrichtung 1 gibt hierbei als Ausgangsgrößen bzw. zum Weiterverarbeiten in einer Steuereinheit, insbesondere einer Einspeiseeinheit, die folgenden Größen aus:

- Eine Schätzung für den Effektivwert U der Wechselspannungen,
- Schätzungen für die Frequenz der Wechselspannungen (Kreisfrequenzen) ω_A , ω_B ,
- die Winkel φ_1 , φ_2 und φ_3 zum Zeitpunkt der Spannungsmessung als aus den Messwerten der Spannung zwischen den Leitern L1, L2 und L3 und dem Neutralleiter N gemessenen Spannungen u_1 , u_2 und u_3 ,
- Statusinformationen oder Statusflags zu möglichen Netzstörungen des Verlustes der Winkelstabilität LOS (als Loss Of Stability bezeichnet), des Auftretens einer Inselnetzbildung LOM (als Loss Of Mains bezeichnet), des Auftretens eines 3-phasigen Kurzschlusses PPPØ (als Phase-Phase-Phase-Ground bezeichnet) und des Auftretens eines 2-poligen

Kurzschlusses PPØ (als Phase-Phase-Ground bezeichnet).

[0048] Fig. 4 verdeutlicht den inneren Aufbau der Messvorrichtung 1, die auch als Mess- und Recheneinheit 1 bezeichnet werden kann. Der gezeigte Aufbau ist grundsätzlich als zeitdiskreter Aufbau ausgeführt. Gleichwohl wird der Übersichtlichkeit halber zur Erläuterung teilweise auf zeitkontinuierliche Darstellungen, insbesondere zeitliche Ableitungen, Bezug genommen. Grundsätzlich ist sowohl eine zeitdiskrete als auch eine zeitkontinuierliche Umsetzung möglich.

[0049] Die Strangspannungen u_1 , u_2 und u_3 werden ständig gemessen und in die Mess- und Recheneinheit eingegeben bzw. liegen dort an. Fig. 4 veranschaulicht den Messfilter 4 nur, indem ein RC-Glied nur für eine Phase ausgeführt ist. Tatsächlich entspricht der Aufbau des Messfilters 4 dem in Fig. 3 gezeigten.

[0050] Die jeweiligen Spannungsmesswerte u_1 , u_2 und u_3 werden in den Transformationsblock 6 eingegeben. Im Falle eines digitalen Signalprozessors erfolgt dort ein Abtasten und Halten der jeweiligen Messwerte. In dem Transformationsblock 6 erfolgt eine Transformation der drei Spannungswerte u_1 , u_2 und u_3 in Polarkoordinaten. Die Transformation wird gemäß der folgenden Gleichungen durchgeführt:

$$\vec{u} = \left[u_1 + u_2 \exp\left(j \frac{2}{3} \pi\right) + u_3 \exp\left(j \frac{4}{3} \pi\right) \right]$$

$$U_N = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{(\text{real}(\vec{u}))^2 + (\text{imag}(\vec{u}))^2}$$

$$\varphi_M = \arctan(\text{imag}(\vec{u}) / \text{real}(\vec{u}))$$

[0051] Als Zwischenergebnis zur weiteren Verarbeitung und Berechnung wird die Spannung U_N und der Winkel φ_N aus dem Transformationsblock 6 ausgegeben.

[0052] Die Spannung U_N wird auf ein erstes digitales Filter F1 gegeben, das ein Halteglied T und einen ersten Verstärkungsfaktor P_1 aufweist. Der digitale Filter weist zudem zwei Summierstellen auf, die jeweils durch ein Kreissymbol dargestellt sind. Soweit als Vorzeichen ein Minuszeichen angezeigt ist, wird der Wert des betreffenden Signalpfades abgezogen. Ansonsten erfolgt eine Addition, was im Übrigen auch für die weiteren in der Fig. 4 gezeigten Addierglieder gilt.

[0053] Die grundsätzliche Funktionsweise eines solchen digitalen Filters F1 ist dem Fachmann grundsätzlich bekannt und es wird daher nicht weiter darauf eingegangen. In dem ersten digitalen Filter F1 wird somit die Span-

nung U_N gefiltert und die Spannung U als Schätzung für den Effektivwert U der Wechselspannungen ausgegeben.

[0054] Der Phasenwinkel φ_N wird in einem Differenzglied 8 zeitdiskret abgeleitet und entspricht damit einer Winkelfrequenz, die in der Fig. 4 als $d\varphi_N/dt$ eingetragen ist. Diese Winkelfrequenz bzw. Kreisfrequenz wird auf ein zweites digitales Filter F2 gegeben, das im Aufbau dem ersten digitalen Filter F1 entspricht und einen zweiten Verstärkungsfaktor P2 aufweist. Als Ergebnis ergibt sich eine Schätzung für die Frequenz der Wechselspannung ω_A , die entsprechend als eine Schätzung für die Frequenz der Wechselspannung ω_A ausgegeben wird.

[0055] Der Phasenwinkel φ_N wird zudem in einen Frequenzregelkreis 10 eingegeben. In dem Frequenzregelkreis 10 wird eine erste Hilfsfrequenz $d\varphi_A/dt$ bestimmt und im Sinne einer Regelung der Netzfrequenz bzw. Netzkreisfrequenz nachgeführt, soweit der Frequenzregelkreis 10 im Wesentlichen interpretiert werden kann. In dem Frequenzregelkreis 10 ist ein erstes zeitdiskretes Integrierglied I1 vorhanden, das aus der ersten Hilfsfrequenz $d\varphi_{1A}/dt$ einen ersten Hilfswinkel φ_A bestimmt. An der ersten Additionsstelle A1 wird von dem aktuellen Phasenwinkel φ_N der um eine Abtastperiode zurückliegende erste Hilfswinkel φ_A abgezogen. Hierdurch ergibt sich eine erste Differenzeingangsgroße $e1$, die dem Grunde nach eine Differenzfrequenz ist. Diese erste Differenzeingangsgroße $e1$ kann im weiteren Sinne als Regelfehler oder Regelabweichung des Frequenzregelkreises 10 interpretiert werden, soweit eine Interpretation überhaupt möglich ist. Jedenfalls wird diese erste Differenzeingangsgroße $e1$ mit einer Regelverstärkung P11 multipliziert und zur Nennfrequenz ω_0 addiert, um die erste Hilfsfrequenz $d\varphi_A/dt$ zu bestimmen.

[0056] Grundsätzlich ist noch anzumerken, dass ein digitales Integrierglied wie das digitale Integrierglied I1 zum Aufintegrieren einer Frequenz zu einem Winkel bei angenommener positiver Frequenz zu einem ständig ansteigenden Winkel führt, der im Grunde gegen unendlich strebt. Grundsätzlich ist natürlich der Wert eines Winkels zwischen 0° und 360° bzw. 0 und 2π von Interesse und bei der Umsetzung kann jeweils beim Überschreiten des Wertes 360° oder Unterschreiten von 0 eine Zurücksetzung um den Wert 360 erfolgen, was hier nicht im Detail ausgeführt ist.

[0057] Obwohl der Frequenzregelkreis 10 aufgrund der Regelverstärkung P11 als P-Regler aufgefasst werden kann, ist doch für die erste Hilfsfrequenz $d\varphi_A/dt$ stationäre Genauigkeit ohne Regelabweichung erzielbar, was in dem integralen Verhalten bei der Bestimmung des ersten Hilfswinkels φ_A durch das erste Integrierglied I1 begründet ist.

[0058] Die erste Hilfsfrequenz $d\varphi_A/dt$ könnte als Schätzung für die Frequenz der Wechselspannung verwendet und entsprechend durch die Messvorrichtung 1 ausgegeben werden. Gemäß der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform ist aber eine weitere Verarbeitung, insbesondere Verbesserung, vorgesehen.

[0059] In einem zweiten Regelkreis 12 wird eine zweite Hilfsfrequenz $d\varphi_B/dt$ bestimmt. Mittels eines zweiten Integriergliedes I2 wird der zweite Hilfswinkel φ_B bestimmt. An der zweiten Addierstelle A2 wird von dem ersten Hilfswinkel φ_A der zweite um eine Abtastzeit bzw. Abtastperiode verzögerte zweite Hilfswinkel φ_B abgezogen und es ergibt sich eine zweite Differenzeingangsgroße $e2$. Diese zweite Differenzeingangsgroße ist dem Grunde nach eine Differenzfrequenz. Sie kann im weiteren Sinne als Regelfehler interpretiert werden um die zweite Hilfsfrequenz $d\varphi_B/dt$ auf die erste Hilfsfrequenz auszuregulieren bzw. dieser nachzuführen.

[0060] Es ist zu beachten, dass die Interpretationen als Regelung zur veranschaulichenden Erläuterung dienen sollen. Eine klassische Regelung im Sinne eines Soll-Ist-Wert-Vergleiches findet insofern nicht statt. Vielmehr gilt es, Schätzwerte in ihren Werten oder auch ihrer Dynamik zu verbessern.

[0061] Jedenfalls wird die zweite Differenzeingangsgroße $e2$ über eine zweite Regelverstärkung P21 geführt bzw. damit multipliziert. Außerdem erfolgt eine Differenzbildung zwischen der um eine Abtastzeit zurückliegenden zweiten Hilfsfrequenz $d\varphi_B/dt$ und der aktuellen ersten Hilfsfrequenz $d\varphi_A/dt$ an der dritten Additionsstelle A3. Es ergibt sich eine dritte Differenzeingangsgroße $e3$, die dem Grunde nach eine Differenzwinkelbeschleunigung ist. Multipliziert mit der dritten Regelverstärkung P22 wird sie von der mit der zweiten Regelverstärkung P21 multiplizierten zweiten Differenzeingangsgroße $e2$ an der vierten Additionsstelle A4 abgezogen. Es ergibt sich eine

Winkelbeschleunigung $\frac{d^2\varphi_B}{dt^2}$. Mittels eines dritten In-

tegriergliedes I3 ist schließlich die zweite Hilfsfrequenz $d\varphi_B/dt$ bestimmbar. Es ist zu bemerken, dass durch die Aufschaltung der dritten Differenzeingangsgroße $e3$ unter Berücksichtigung der dritten Regelverstärkung P22 an der vierten Addierstelle A4 eine Dämpfungswirkung erzielbar ist. Der zweite Regelkreis 12 ist somit im Wesentlichen dazu vorgesehen, Einfluss auf das dynamische Verhalten der Frequenzschätzung zu nehmen.

[0062] Die zweite Hilfsfrequenz $d\varphi_B/dt$ wird schließlich über ein drittes digitales Filter F3 geführt und der Schätzwert für die Frequenz der Wechselspannung ω_B wird ausgegeben. Außerdem kann der zweite Hilfswinkel φ_B unmittelbar als Schätzwert für den ersten Phasenwinkel φ_1 ausgegeben werden und jeweils der Schätzwert für den zweiten Phasenwinkel φ_2 und den dritten Phasenwinkel

φ_3 können durch Addition von $2\pi/3$ bzw. $4\pi/3$ (120° bzw. 240°) ermittelt und ausgegeben werden.

[0063] Das mit Hilfe der Fig. 4 veranschaulichte Verfahren kann auch durch das folgende Gleichungssystem angegeben werden:

$$\frac{dU}{dt} = P_1(U_N - U)$$

$$\frac{d\omega_A}{dt} = P_2\left(\frac{d\varphi_N}{dt} - \omega_A\right)$$

$$\frac{d\omega_B}{dt} = P_3\left(\frac{d\varphi_B}{dt} - \omega_B\right)$$

$$\frac{d\varphi_A}{dt} = P_{11}(\varphi_N - \varphi_A) + \omega_O$$

$$\frac{d\varphi_B}{dt} = \omega_B$$

$$\frac{d\omega_B}{dt} = P_{21}(\varphi_A - \varphi_B) + P_{22}\left(\frac{d\varphi_A}{dt} - \frac{d\varphi_B}{dt}\right)$$

$$\varphi_1 = \varphi_A, \varphi_2 = \varphi_1 + \frac{2}{3}\pi, \varphi_3 = \varphi_2 + \frac{2}{3}\pi$$

[0064] Durch die Umsetzung der Messung jedenfalls gemäß der Ausführungsform nach Fig. 4 können auf vorteilhafte Weise - jedenfalls für einen Übergangszeitraum - im Fehlerfall weiterhin Schätzgrößen geliefert werden. Erfolgt beispielsweise eine Unterbrechung der Messvorrichtung 1 oder des Messfilters 4 zum Wechselspannungsnetz, so stehen keine Messgrößen zur Verbesserung der Schätzung zur Verfügung. Vielmehr kann davon ausgegangen werden, dass etwaige dem Grunde nach unsinnige Messwerte die Schätzung verschlechtern oder sogar unbrauchbar machen. Ein solcher Fehlerfall kann beispielsweise erkannt werden, wenn der Phasenwinkel φ_N sich plötzlich nicht mehr ändert oder in seinem Wert springt. Ebenso kann ein plötzliches Einbrechen der Spannungsamplitude U_N ein Indiz sein. In einem solchen Fall ist zumindest der Signalanschluss unmittelbar hinter der Regelverstärkung P11 zu kappen. Dies kann natürlich auch dadurch erfolgen, dass die Regelverstärkung P11 auf Null gesetzt wird. Da die Erfassung eines Fehlerfalls möglicherweise erst durch Beobachtung der ersten Hilfsfrequenz $d\varphi_A/dt$ erfolgt, kann der erste Phasenwinkel φ_A bereits grob falsch sein. Für diesen Fall empfiehlt es sich, beispielsweise in dem ersten Halteglied H1 den Wert für den ersten Hilfsphasenwinkel φ_A zu korrigieren, beispielsweise basierend auf einem um wenigstens eine Abtastzeit weiter zurückliegenden Wert. Insofern kann die Schätzung, insbesondere die zweite Schät-

zung der Frequenz der Wechselspannung ω_B und die Schätzung der Phasenwinkel φ_1 , φ_2 und φ_3 fortgesetzt werden und zumindest für einen kurzen Zeitraum von beispielsweise einigen Netzperioden noch brauchbare Werte liefern. Natürlich können weitere, insbesondere plötzliche Änderungen in der Frequenz und der Phase des Wechselspannungsnetzes ohne Messung nicht mehr zuverlässig erkannt werden. Ist der Fehlerfall beendet, kann in normaler Weise weiter gemessen werden. Insbesondere kann der Signalanschluss hinter der Regelverstärkung P11 wieder verbunden werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen elektrischer Größen eines dreiphasigen Wechselspannungsnetzes mit einer ersten, zweiten und dritten Phase umfassend die Schritte:

- Messen jeweils eines Spannungswertes der ersten, zweiten und dritten Phasen in Bezug auf einen Neutralleiter zu einem ersten Zeitpunkt,
- Transformieren der drei Spannungswerte des ersten Zeitpunktes in Polarkoordinaten mit einer Spannungsamplitude und einem Phasenwinkel,
- Wiederholen des Messens und Transformierens für wenigstens einen weiteren Zeitpunkt und
- Bestimmen der aktuellen Frequenz, Spannungsamplitude und/oder des Phasenwinkels wenigstens einer der Phasen aus den in Polarkoordinaten transformierten Spannungswerten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erfassung der Frequenz eine Frequenzregelung verwendet wird, die eine erste Hilfsfrequenz ausregelt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Frequenzregelung ein erster Differenzwinkel gebildet wird zwischen

- dem bei der Transformation gebildeten Phasenwinkel und
- einem ersten um eine Abtastzeit zurückliegenden Hilfsphasenwinkel,

dieser erste Differenzwinkel wird mit einem ersten Verstärkungsfaktor multipliziert und/oder zu einem Anfangsfrequenzwert addiert, um die erste Hilfsfrequenz zu erhalten, und der erste Hilfsphasenwinkel wird aus der ersten Hilfsfrequenz bestimmt.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verbesserung der Frequenzbestimmung ein zweiter Hilfsphasenwinkel mit einer zweiten Hilfsfrequenz bestimmt

wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- ein zweiter Differenzwinkel gebildet wird als Differenz zwischen dem ersten Hilfsphasenwinkel und dem zweiten um eine Abtastzeit zurückliegenden Hilfsphasenwinkel,
- eine Hilfsdifferenzfrequenz gebildet wird als Differenz zwischen der zweiten Hilfsfrequenz und der ersten Hilfsfrequenz und
- eine Hilfswinkelbeschleunigung aus dem zweiten Differenzwinkel und der Hilfsdifferenzfrequenz gebildet wird, wobei die Hilfswinkelbeschleunigung repräsentativ ist für eine zweite Ableitung des zweiten Hilfsphasenwinkels nach der Zeit, wobei der zweite Hilfsphasenwinkel und die zweite Hilfsfrequenz aus der Hilfswinkelbeschleunigung berechnet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hilfswinkelbeschleunigung als Differenz gebildet wird zwischen

- dem zweiten Differenzwinkel oder dem mit einem zweiten Verstärkungsfaktor multiplizierten zweiten Differenzwinkel und
- der Hilfsdifferenzfrequenz oder der mit einem dritten Verstärkungsfaktor multiplizierten Hilfsdifferenzfrequenz.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die bei der Transformation erhaltene Spannungsamplitude als erfasste Ausgangsspannung ausgegeben wird,
- der bei der Transformation erhaltene Phasenwinkel nach der Zeit differenziert und als erfasste Frequenz oder als erfasste Vergleichsfrequenz ausgegeben wird,
- die zweite Hilfsfrequenz als erfasste Frequenz ausgegeben wird und/oder
- der zweite Hilfsphasenwinkel als erfasster Phasenwinkel einer Phase ausgegeben wird,

wobei vorzugsweise eine oder mehrere der auszugebenden Größen vorm Ausgeben gefiltert werden.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, weiter umfassend den Schritt Überwachen des Wechselspannungsnetzes auf das Vorliegen wenigstens einer Netzstörung aus der Liste:

- Verlust der Winkelstabilität,
- Auftreten einer Inselnetzbildung,
- Auftreten eines 3-phasigen Kurzschlusses und

- Auftreten eines 2-poligen Kurzschlusses,

und/oder Bereitstellen eines Signales zum Anzeigen des Vorliegens einer der Netzstörungen.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messung bzw. Erfassung auf eine Meßstörung beobachtet wird und beim Auftreten einer Meßstörung eine Erfassung als Schätzung basierend auf zuletzt verwendeten Größen fortgesetzt wird.

10. Verfahren zum Einspeisen elektrischer Energie in ein elektrisches Wechselspannungsnetz umfassend die Schritte

- Erfassen elektrischer Größen des elektrischen Wechselspannungsnetzwerks,
- Einspeisen elektrischen Wechselstroms in das Wechselspannungsnetz,
- Überwachen des Wechselspannungsnetzes auf das Vorliegen wenigstens einer Netzstörung aus der Liste:
- Verlust der Winkelstabilität und
- Auftreten einer Inselnetzbildung, und
- Einleiten von Maßnahmen zum Stützen des Wechselspannungsnetzes, wenn wenigstens eine der genannten Netzstörungen auftritt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich das Wechselspannungsnetz auf das Vorliegen wenigstens weiteren Netzstörung aus der Liste

- Auftreten eines 3-phasigen Kurzschlusses und
- Auftreten eines 2-poligen Kurzschlusses

überwacht wird und Maßnahmen zum Stützen des Wechselspannungsnetzes eingeleitet werden, wenn wenigstens eine der genannten Netzstörungen auftritt.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erfassen der elektrischen Größen durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 erfolgt und/oder dass die Netzstörungen ab Auftreten der betreffenden Netzstörung innerhalb einer Erfassungszeit von weniger als einer Netzperiode erfasst werden, insbesondere innerhalb einer Erfassungszeit von weniger als einer halben Netzperiode, und/oder dass Maßnahmen zur Netzstützung ab Auftreten der Netzstörung innerhalb einer Reaktionszeit von weniger als einer Netzperiode eingeleitet werden, insbesondere innerhalb einer Reaktionszeit von weniger als einer halben Netzperiode.

13. Messvorrichtung zum Erfassen elektrischer Größen

eines 3-phasigen elektrischen Wechselspannungsnetzwerks, nämlich wenigstens der Frequenz und einer Phase des Wechselspannungsnetzwerks umfassend:

5

- Spannungsmessmittel zum Messen der elektrischen Momentanspannung jeder der drei Phasen bezogen auf einen Neutralleiter,
- eine Recheneinheit zum Bestimmen wenigstens der Frequenz und Phase des elektrischen Netzwerkes,

10

wobei die Messvorrichtung ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 verwendet, bzw. dazu vorbereitet ist, ein solches Messverfahren zu verwenden.

15

14. Einspeisevorrichtung zum Einspeisen elektrischer Energie in ein Wechselspannungsnetzwerk, umfassend,

20

- eine Messvorrichtung, insbesondere nach Anspruch 13, zum Messen elektrischer Größen des Wechselspannungsnetzwerkes und
- eine Einspeiseeinheit zum Einspeisen elektrischer Energie in das Wechselspannungsnetzwerk,

25

wobei die Einspeisevorrichtung ein Verfahren nach einem der Ansprüche 9 - 11 verwendet, bzw. dazu vorbereitet ist, ein solches Verfahren zu verwenden.

30

15. Windenergieanlage zum Wandeln von Windenergie in elektrische Energie und zum Einspeisen der elektrischen Energie in ein Wechselspannungsnetz umfassend eine Messvorrichtung nach Anspruch 13 und/oder eine Einspeisevorrichtung nach Anspruch 14.

35

40

45

50

55

FIG. 1

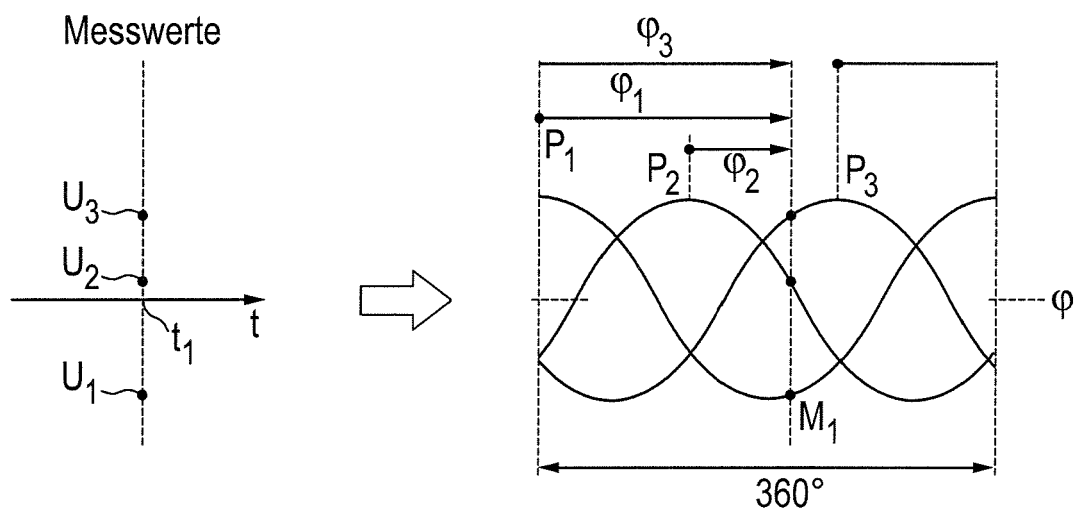
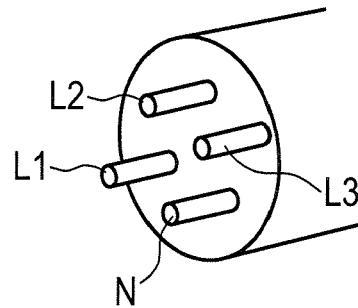


FIG. 2

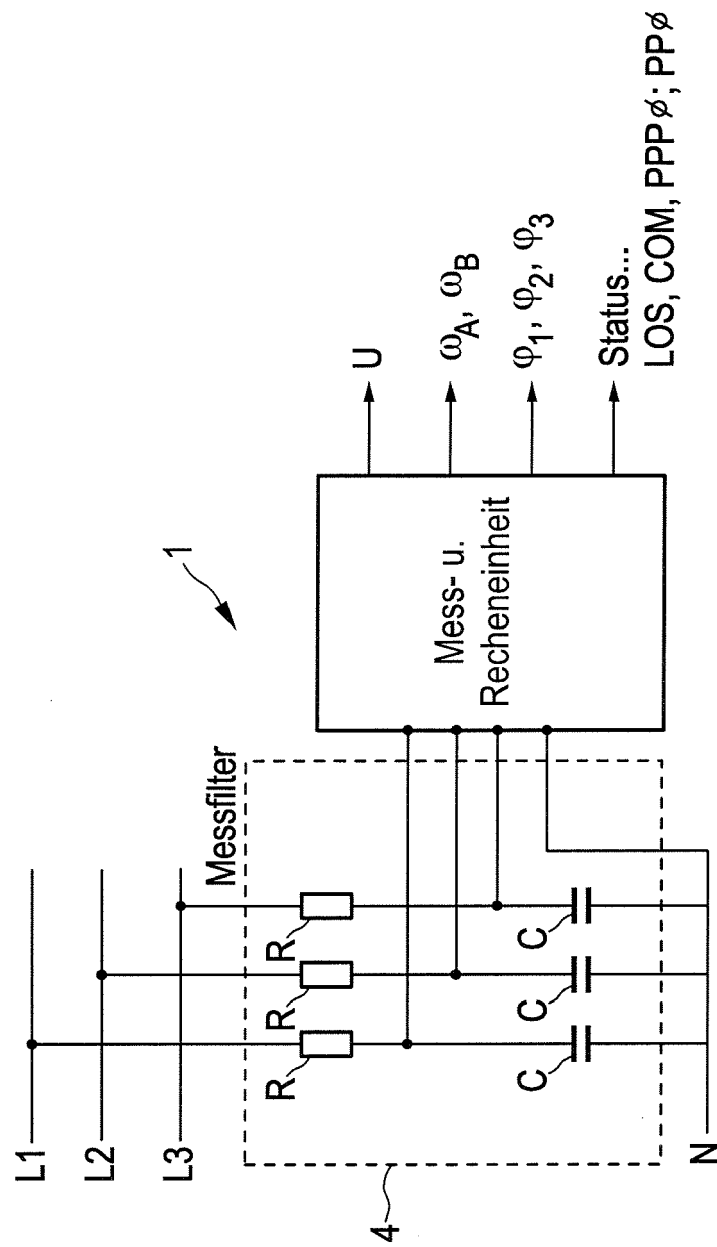


FIG. 3

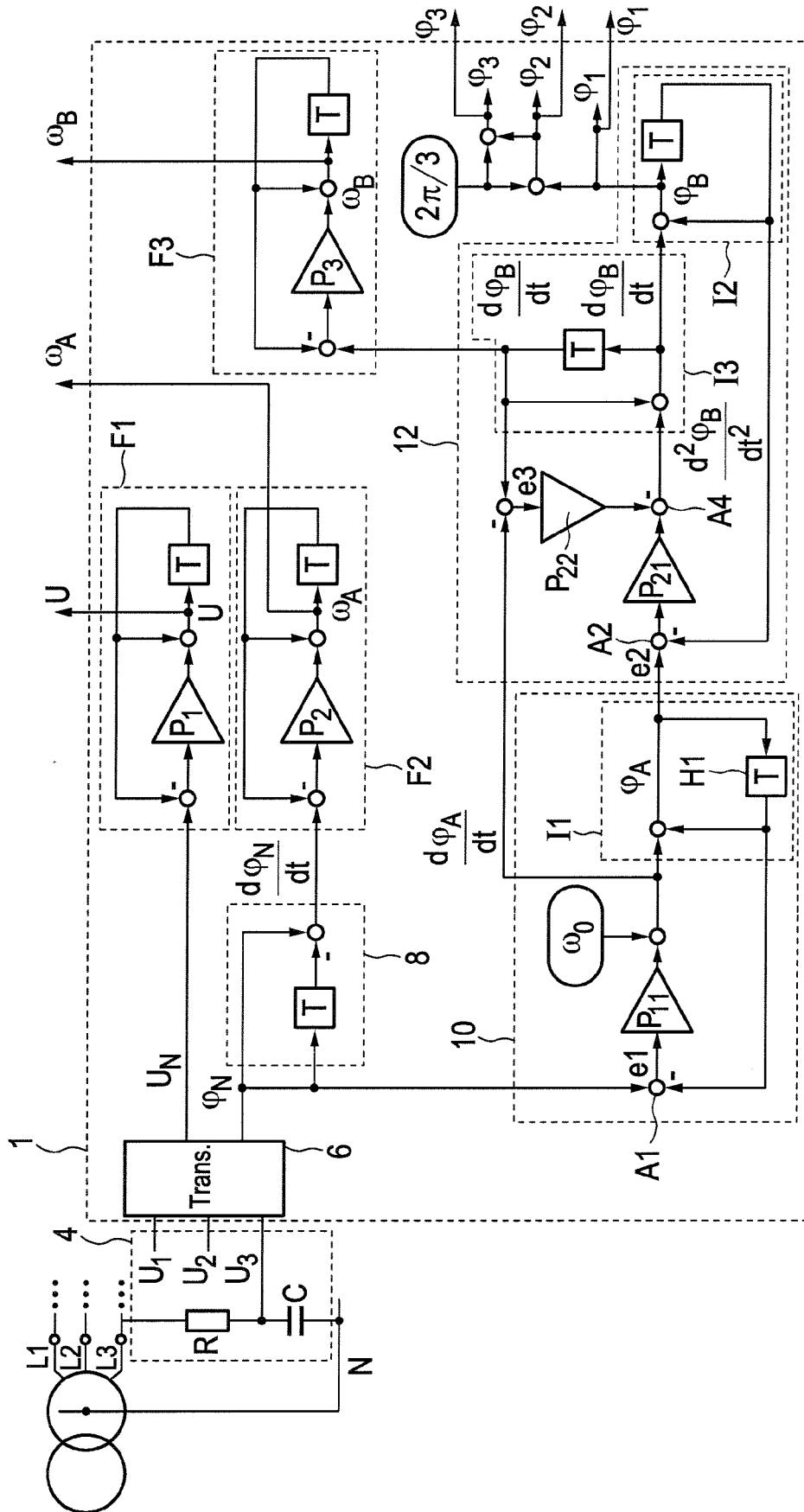


FIG. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 16 3252

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2008/120282 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; SEKI KEMPEI [JP]) 9. Oktober 2008 (2008-10-09)	1-9,13	INV. G01R19/25
Y	* das ganze Dokument *	12,14,15	
L	-& EP 2 124 068 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 25. November 2009 (2009-11-25) * Abbildungen 1-5 * * Absatz [0001] - Absatz [0007] * * Absatz [0011] - Absatz [0013] * * Absatz [0016] - Absatz [0018] * * Absatz [0022] - Absatz [0042] * * Absatz [0068] - Absatz [0071] *	1-15	

X	ECKHARDT V ET AL: "Dynamic measuring of frequency and frequency oscillations in multiphase power systems", IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, Bd. 4, Nr. 1, 1. Januar 1989 (1989-01-01), Seiten 95-102, XP011479876, ISSN: 0885-8977, DOI: 10.1109/61.19193	1-9,13	
A	* Abbildungen 1, 2 * * Zusammenfassung * * Kapitel: 1. Introduction-2. Definition of System Frequency; Seite 95 - Seite 96 *	10-12, 14,15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G01R F03D

X	US 2007/279039 A1 (SEKI KEMPEI [JP]) 6. Dezember 2007 (2007-12-06) * Abbildungen 1-3,7,10,15 * * Absatz [0002] * * Absatz [0010] - Absatz [0016] * * Absatz [0035] - Absatz [0137] *	1-9,13	

	-/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Berlin		Abschlußdatum der Recherche 24. Juni 2019	Prüfer Höller, Helmut
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 16 3252

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	PHADKE A G ET AL: "A New Measurement Technique for Tracking Voltage Phasors, Local System Frequency, and Rate of Change of Frequency", IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. PAS-100, Nr. 5, 1. Mai 1983 (1983-05-01), Seiten 1025-1038, XP011170046, ISSN: 0018-9510	1-3,13	
A	* das ganze Dokument *	7	
X	WO 2008/011522 A2 (UNIV INDIANA RES & TECH CORP [US]; CHEN YAOPIN [US]; ROVNYAK STEVE [US]) 24. Januar 2008 (2008-01-24) * Seite 53, Absatz 4.1.1 - Seite 66, Absatz 6.1 *	1,13	
A	AU 460 336 B2 (JOHN ROBERT LINDERS) 24. April 1975 (1975-04-24) * Abbildungen 1-3d * * Seite 11 - Seite 24 *	1-9,13	
X	US 5 278 773 A (COUSINEAU KEVIN L [US]) 11. Januar 1994 (1994-01-11) * Abbildungen 1A-2B * * Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 11 * * Spalte 2, Zeile 38 - Zeile 51 * * Spalte 4, Zeile 6 - Spalte 6, Zeile 3 *	10,11 12,14,15	
X	WO 2007/011862 A2 (SOUTHWEST WINDPOWER INC [US]; CALLEY DAVID [US]) 25. Januar 2007 (2007-01-25) * Abbildungen 3,5 * * Absatz [0002] * * Absatz [0046] - Absatz [0051] *	10,11	
-/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Berlin		Abschlußdatum der Recherche 24. Juni 2019	Prüfer Höller, Helmut
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 16 3252

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	MILANEZ ET AL: "A new method for real time computation of power quality indices based on instantaneous space phasors", ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, Bd. 77, Nr. 1, 1. Januar 2007 (2007-01-01), Seiten 93-98, XP005607146, ISSN: 0378-7796, DOI: 10.1016/J.EPSR.2006.02.001 * das ganze Dokument *	1-15	
A	JP 2003 344463 A (JAPAN SCIENCE & TECH CORP) 3. Dezember 2003 (2003-12-03) * Abbildung 4 * * Zusammenfassung * * Absätze [0031], [0032] *	1-15	
A	JP 2000 329803 A (YOKOGAWA ELECTRIC CORP) 30. November 2000 (2000-11-30) * Abbildungen 1, 2 * * Absätze [0016], [0034], [0035] *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
2 EPO FORM 1503 03 82 (P04C03) Recherchenort Berlin Abschlußdatum der Recherche 24. Juni 2019 Prüfer Höller, Helmut			
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 16 3252

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-06-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2008120282 A1	09-10-2008	CN 101627312 A	13-01-2010
		EP 2124068 A1	25-11-2009
		JP 4987068 B2	25-07-2012
		JP WO2008120282 A1	15-07-2010
		US 2010019758 A1	28-01-2010
		WO 2008120282 A1	09-10-2008
EP 2124068 A1	25-11-2009	CN 101627312 A	13-01-2010
		EP 2124068 A1	25-11-2009
		JP 4987068 B2	25-07-2012
		JP WO2008120282 A1	15-07-2010
		US 2010019758 A1	28-01-2010
		WO 2008120282 A1	09-10-2008
US 2007279039 A1	06-12-2007	JP 4657151 B2	23-03-2011
		JP 2007325429 A	13-12-2007
		US 2007279039 A1	06-12-2007
WO 2008011522 A2	24-01-2008	KEINE	
AU 460336 B2	24-04-1975	AU 460336 B2	24-04-1975
		DE 2220990 A1	08-11-1973
		DE 2265206 A1	20-01-1977
		JP S4924483 A	04-03-1974
		JP S5650233 B2	27-11-1981
US 5278773 A	11-01-1994	US 5278773 A	11-01-1994
		US 5422826 A	06-06-1995
WO 2007011862 A2	25-01-2007	AU 2006270023 A1	25-01-2007
		CA 2615357 A1	25-01-2007
		CN 101263650 A	10-09-2008
		EP 1911149 A2	16-04-2008
		JP 2009502104 A	22-01-2009
		KR 20080049013 A	03-06-2008
		NZ 565921 A	27-05-2011
		US 2007013194 A1	18-01-2007
		US 2010166567 A1	01-07-2010
		WO 2007011862 A2	25-01-2007
JP 2003344463 A	03-12-2003	JP 3805718 B2	09-08-2006
		JP 2003344463 A	03-12-2003
JP 2000329803 A	30-11-2000	JP 3491676 B2	26-01-2004
		JP 2000329803 A	30-11-2000

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10113786 A1 [0006]
- EP 004984 A1 [0006]
- DE 19944680 A1 [0006]